

6mm角 $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ ピクセルアレイと フラットパネルPMTを用いた シンチレーションカメラの開発

京大理 黒澤俊介

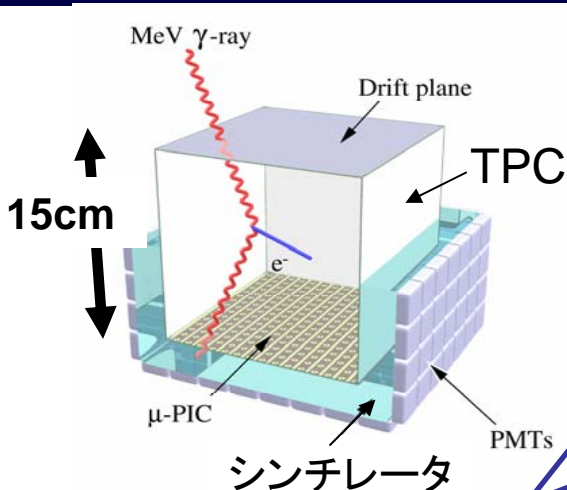
谷森達, 窪秀利, 身内賢太郎, 土屋兼一
株木重人, 高田淳史, 岡田葉子, 西村広展,
服部香里, 上野一樹

日本物理学会 2007年春季大会
2007年3月26日(月) 於 首都大学東京

- ❖ 目的
- ❖ 6mm角 LaBr_3 アレイの性能評価
- ❖ まとめ

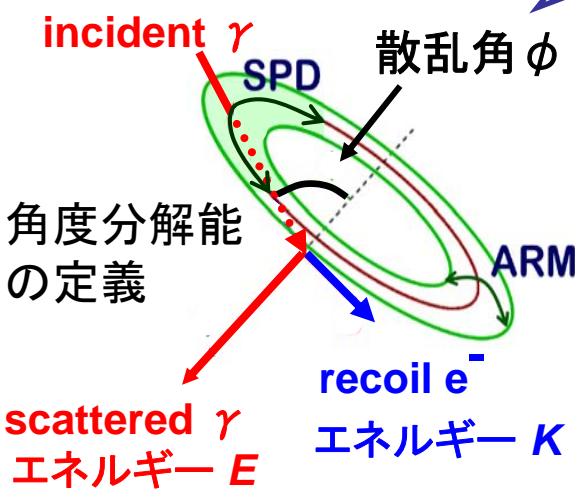
ガンマカメラ：現状の角度分解能

ガンマカメラの概観図



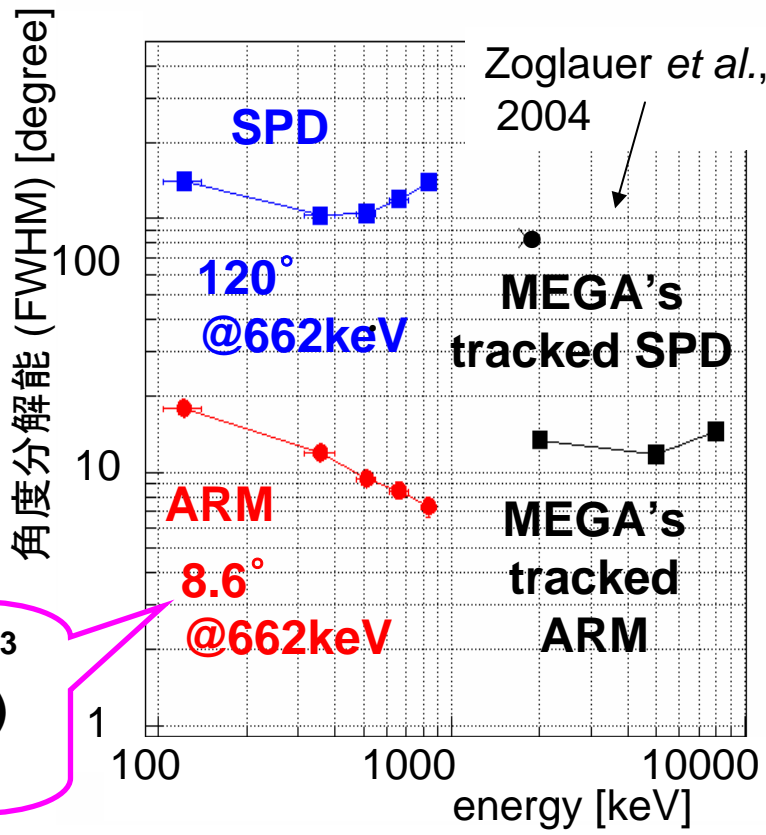
SMILE:
高田講演
TPC大型化:
服部講演

$$\cos \phi = 1 - \frac{m_e c^2}{(E+K)} \frac{K}{E}$$



TPC: 10x10x15cm³
(gas: Ar+C₂H₆ 1atm)
Scintillator: GSO

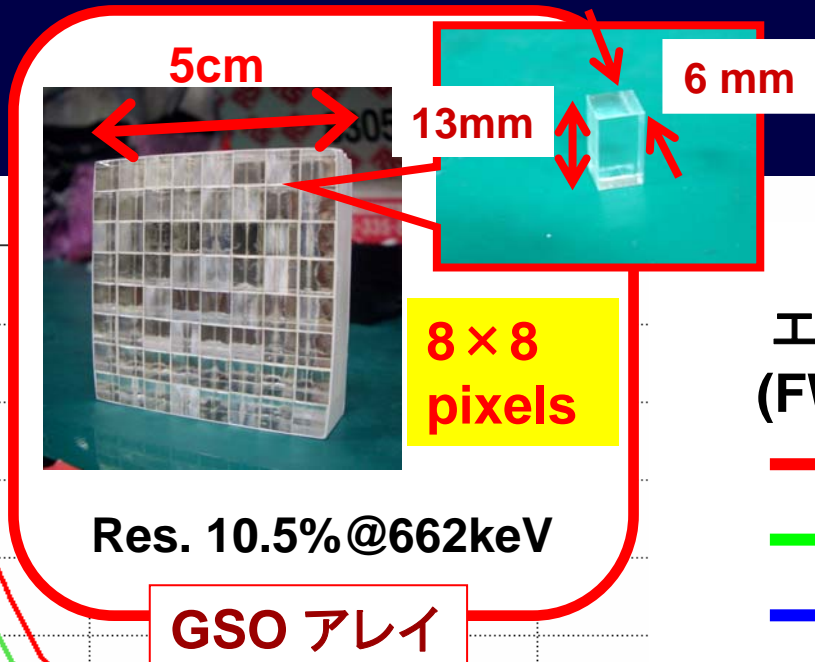
ARMの到達目標
ドップラー広がりによる検出限界
~1° (@500keV)
に近づける



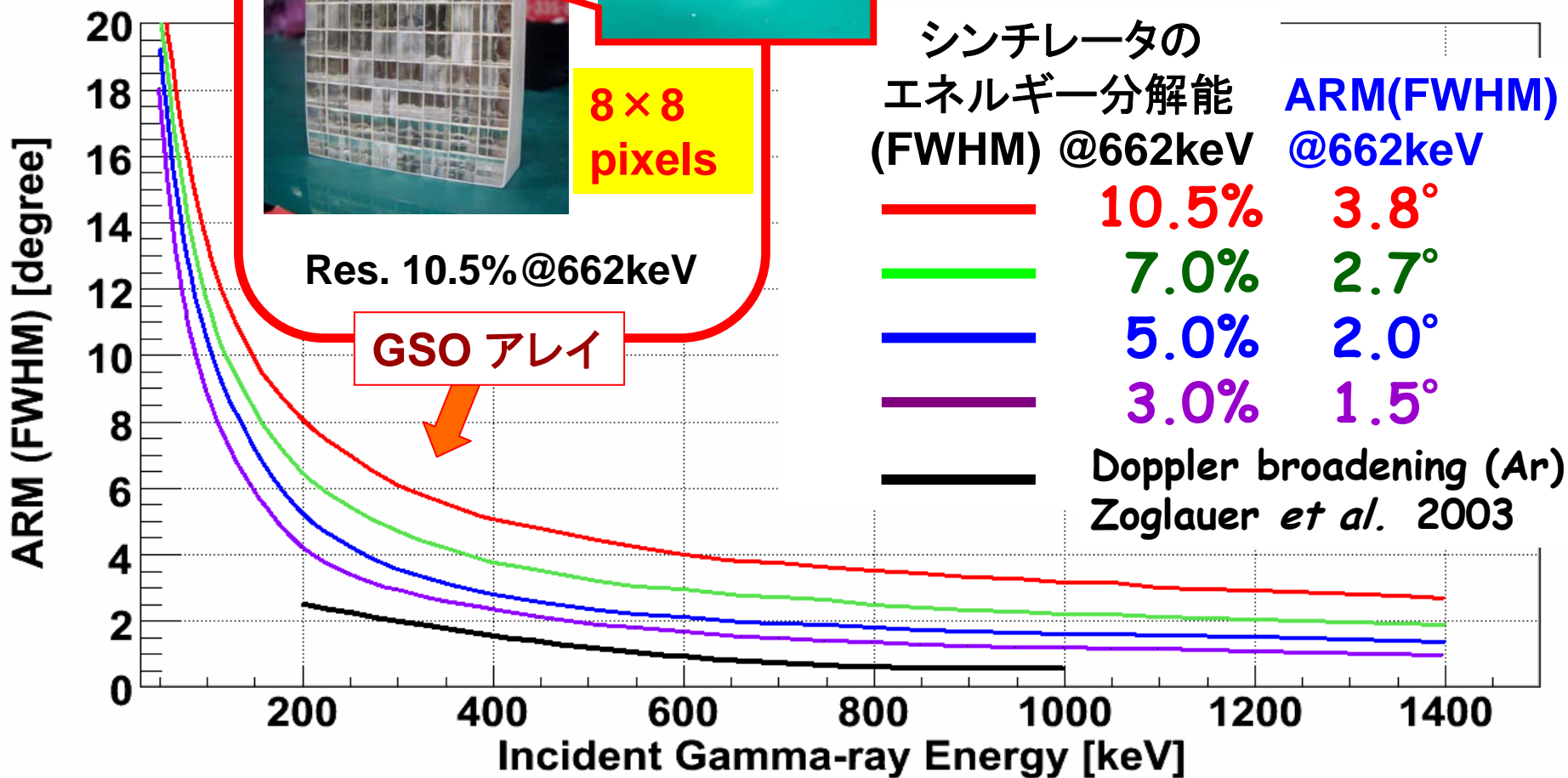
ARM : Angular Resolution Measure
SPD : Scatter Plane Deviation

角度分解能のエネルギー依存性
ARM はシンチレータのエネルギー分解能に依存.

角度分解能(ARM)の向上のために



シンチレータのエネルギー分解能向上が有効



計算から求めたARMとシンチレータのエネルギー分解能の関係

LaBr₃(Ce)

～高いエネルギー分解能～



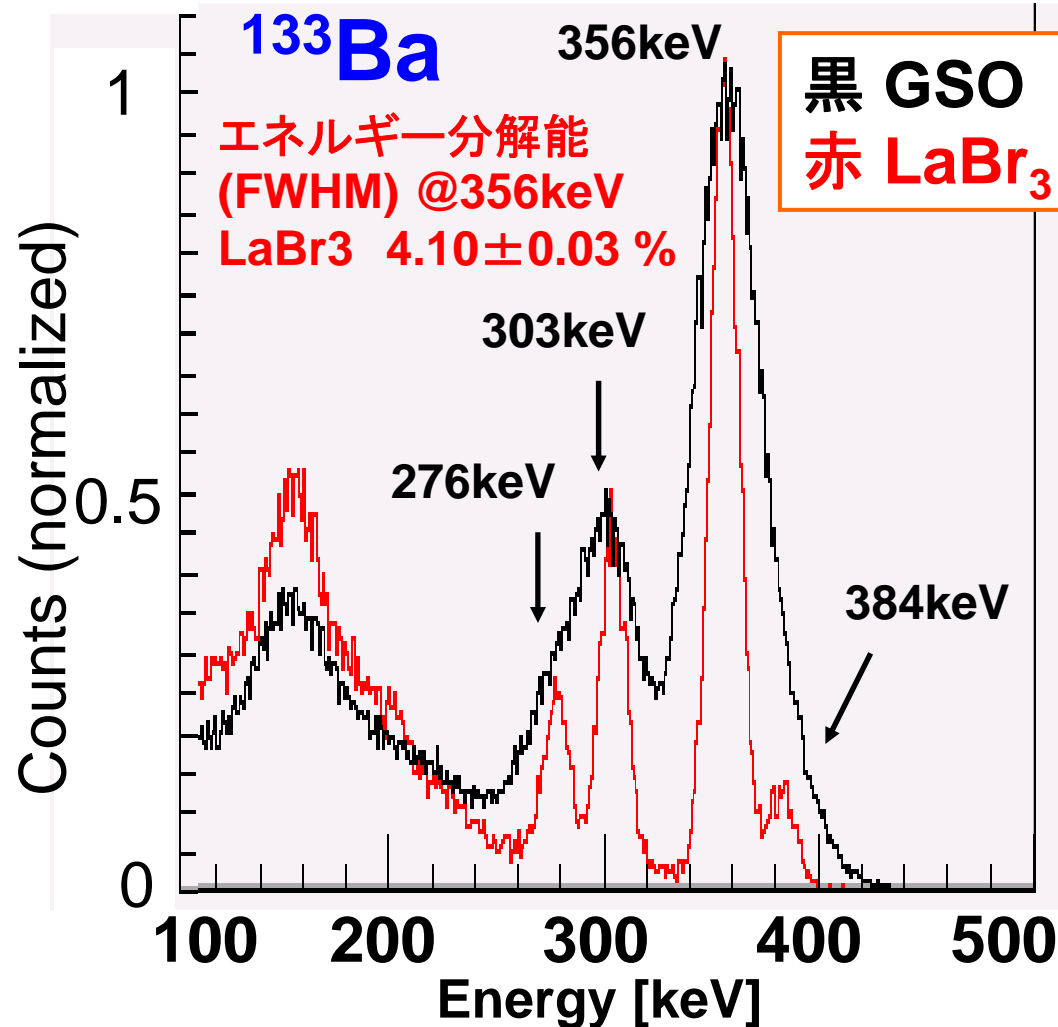
シングルアノード
PMT
浜松ホトニクス社
R6231 で測定.

Saint-Gobain 社製
φ 13 × 13mm³大LaBr₃

Energy Resolution
@662keV (FWHM) :
LaBr₃ 3.1 ± 0.1 %

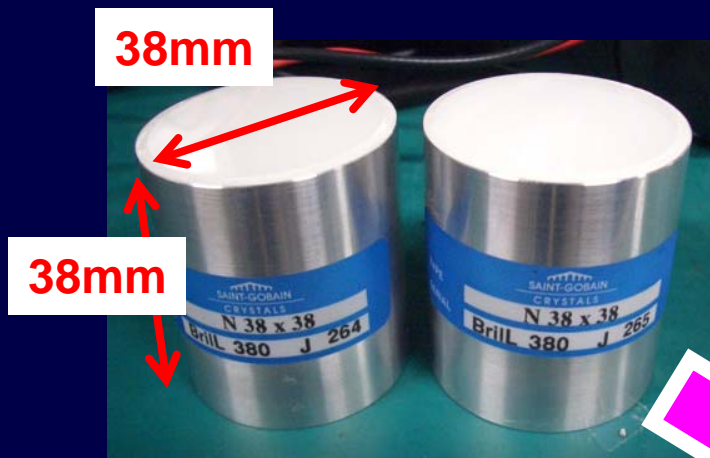
Decay time : ~25 nsec
Light Output : 1.6
(参考 GSO(Ce) : 0.2)
(NaI(Tl)のそれを1とする)

※潮解性あり



LaBr₃(写真)とGSO(25 × 25 × 13mm³)の
エネルギースペクトル比較 (¹³³Ba)

LaBr₃(Ce)のアレイ化

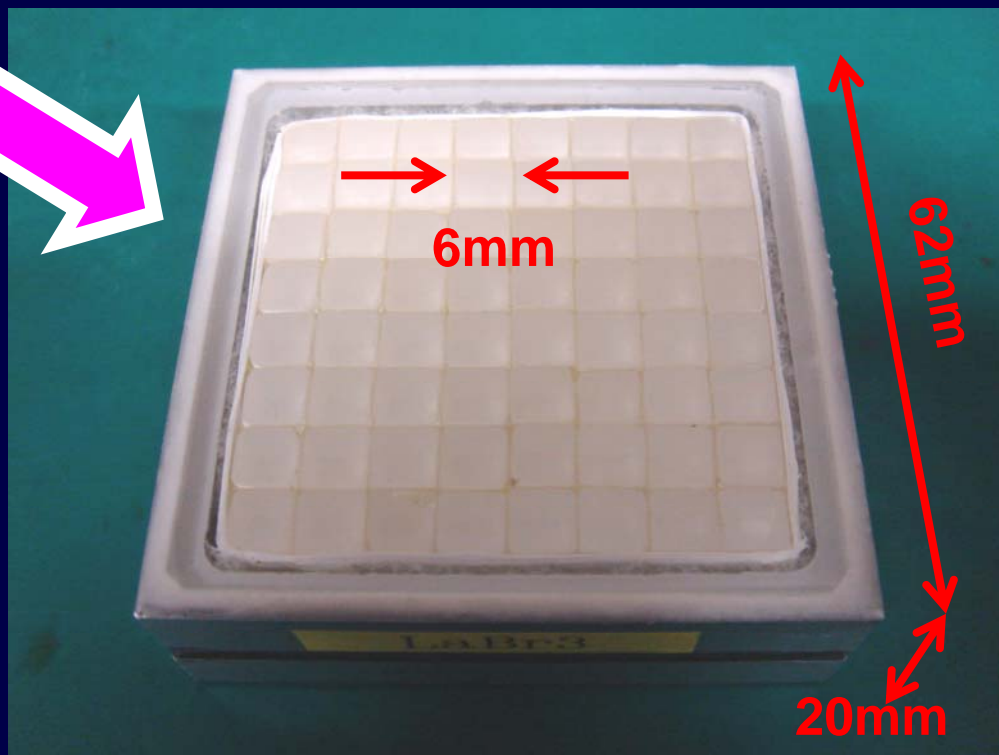


Saint-Gobain 社製
φ 38 × 38mm³大LaBr₃

ピクセルサイズ: **6 × 6 × 15mm³**
ピクセル数: **8 × 8個**

ピクセルのサイズはマルチアノード
PMTのアノードサイズと合わせた。

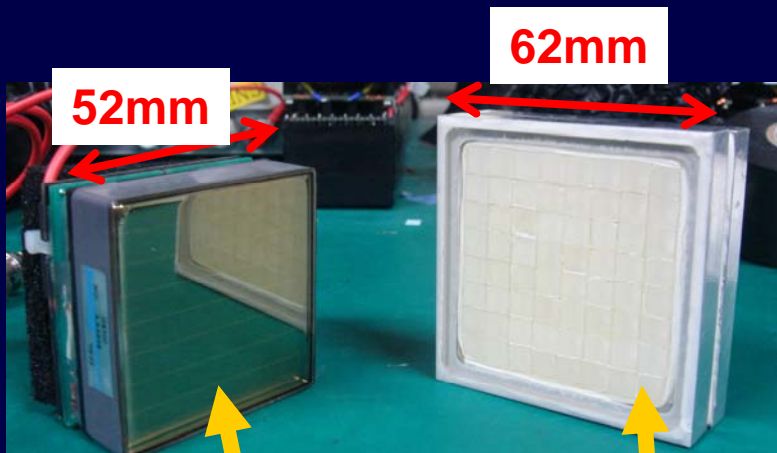
われわれ独自の製法にて
LaBr₃をアレイ化
(ピクセル化し、光学的に分離してアレイ化)



LaBr₃ アレイ

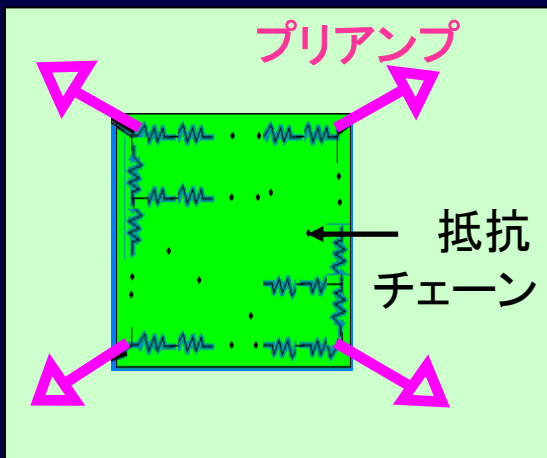
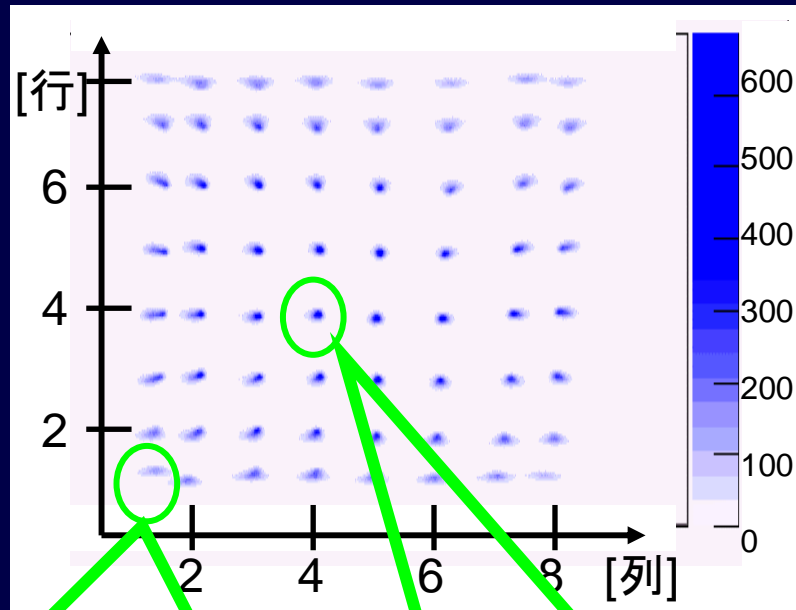
4端読み出しによる測定

重心演算によって二次元イメージを作成

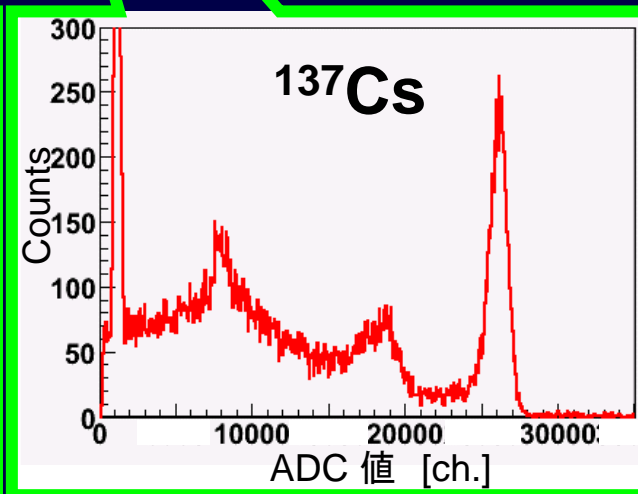
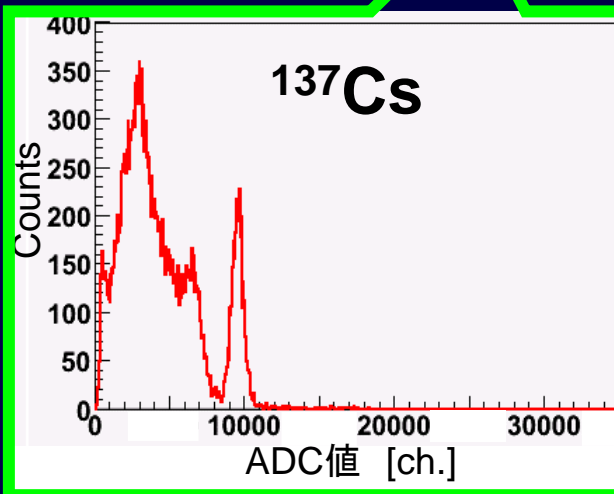


8×8 マルチアノード PMT
浜松ホトニクス社 H8500

LaBr₃
アレイ

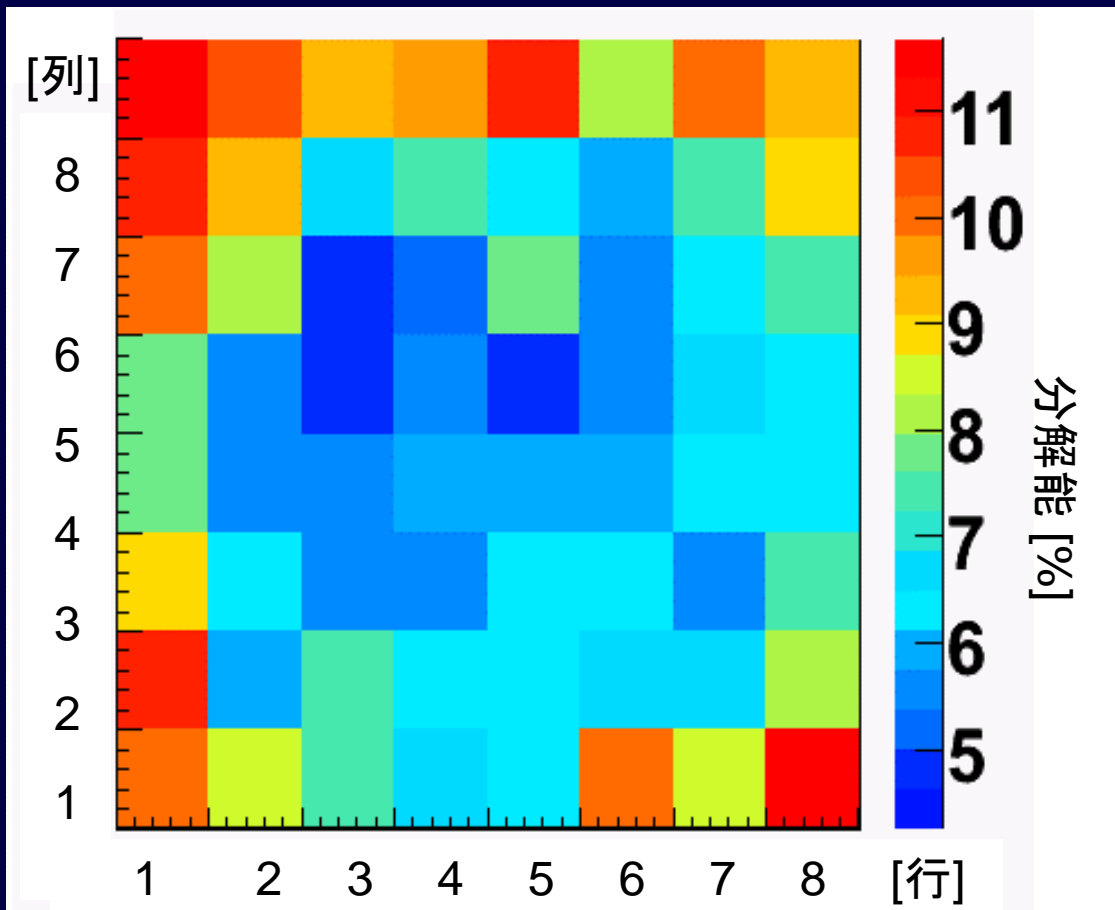


4端読み出し



¹³⁷Cs 全面照射時の二次元イメージおよびスペクトル

ピクセルごとのエネルギー分解能



各ピクセルのエネルギー分解能
(FWHM)@662keV

エネルギー分解能
(FWHM)@662keV

全ピクセル平均:
 $7.0 \pm 1.8\%$

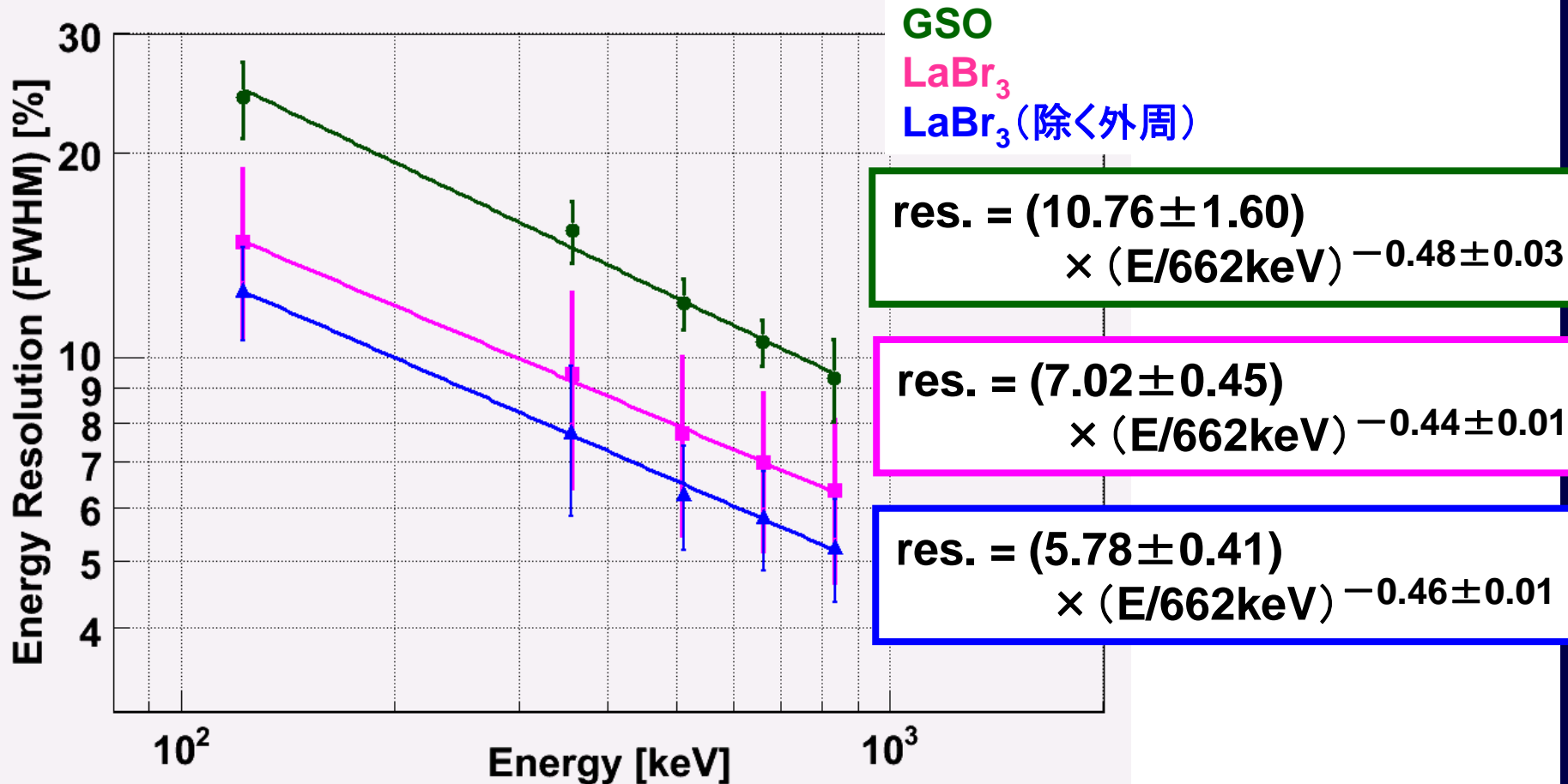
除く外周一列:
 $5.8 \pm 1.0\%$

外周1列は光量が少なく、
分解能も悪い。



結晶とPMT間から
光が漏れている。

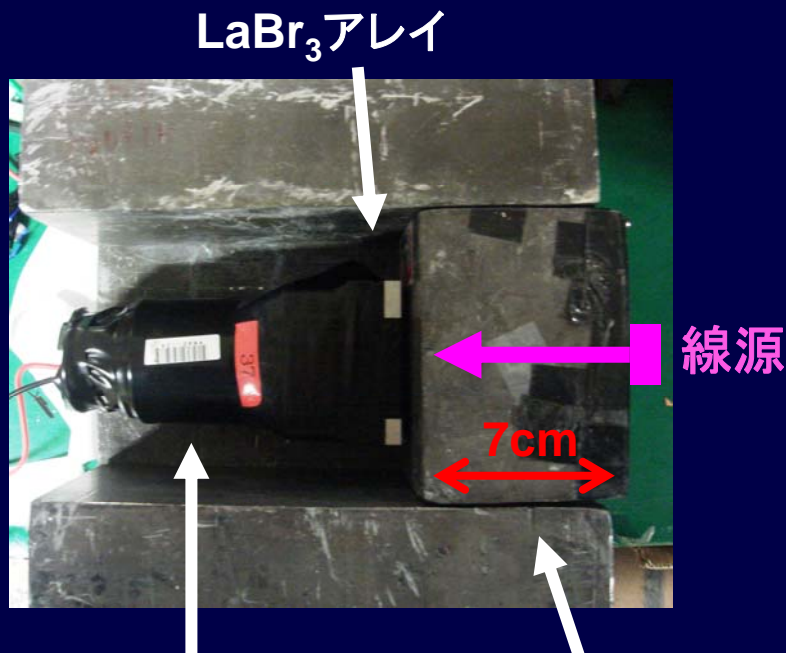
アレイのエネルギー分解能



各ピクセルごとの分解能 (FWHM) の平均とエネルギーとの関係

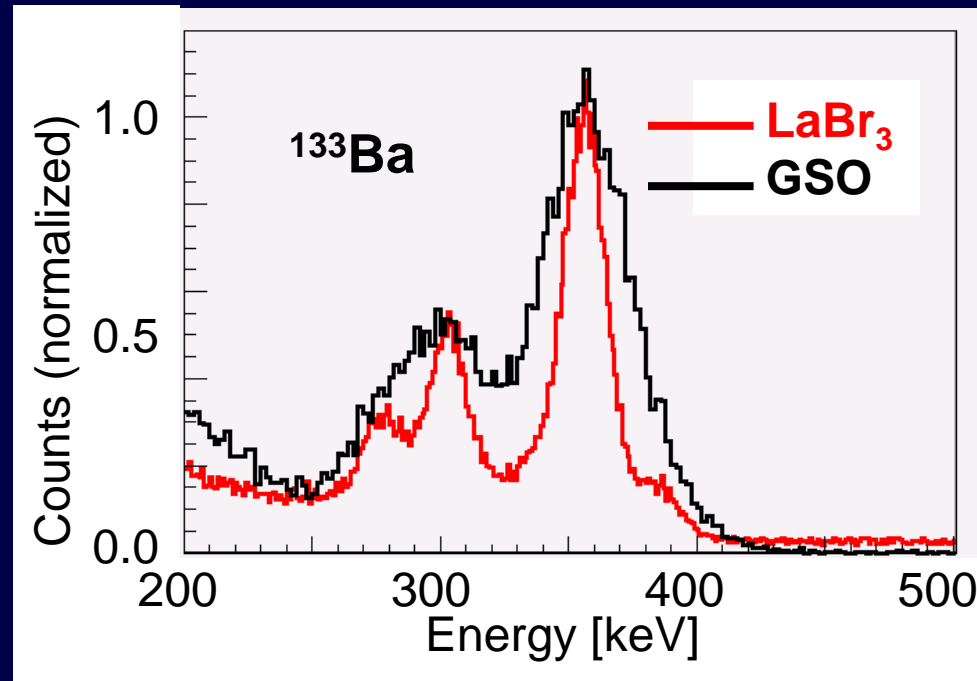
シングルアノードPMTとコリメータ でピクセルごとのスペクトル測定

1ピクセルに線源を照射させて
本アレイのエネルギー分解能の
最高値を求めた。



シングルアノードPMT
浜松ホトニクス社 R6236
受光面面積: 60 × 60mm²

鉛コリメータ
口径: 2mm



64ピクセル中12ピクセルの測定結果

エネルギー分解能(FWHM)

5.8 ~ 7.0% @ 356 keV

4.5 ~ 5.5% @ 662 keV

まとめ

- ガンマ線カメラの角度分解能(ARM)をより良くするためにはシンチレータのエネルギー分解能を向上させることが有効。
- LaBr_3 は高いエネルギー分解能を有している。
- 今回独自の製法で6mm角 LaBr_3 ピクセルアレイを組み立てた。
- エネルギー分解能(FWHM) : $5.8 \pm 0.4\%$ (除く外周一列)
(6mm角GSOアレイ: $10.8 \pm 1.6\%$)
- 計算値上では LaBr_3 アレイによってARMをGSO使用時に比べて約40%小さく出来た。

今後の課題

- 外周の光漏れ対策
- ASICなどを用いて、個々のピクセルで読み出し
(エネルギー分解能@662keVで最良5%程度を期待)